

INFRASTRUKTUR

PEMANFAATAN CAMPURAN MORTAR DAN PARTIKEL KAYU SEBAGAI ELEMEN INTI BALOK BETON KOMPOSIT

Utilization of Mortar and Timber Particles Mix as Core Element in Composite Concrete Beam

Shyama Maricar

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : shyamamaricar@yahoo.co.id

Nirmalawati, Agus Rivani

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : nirmalawati_she@yahoo.co.id ags_rvn@yahoo.com

ABSTRACT

Lightweight concrete has ability to increase workability and reduce structure load such as gravity and earthquake loads. Therefore lightweight and adequately rigid structural system is required. Based on efficiency of material application and adaptation optimization to the stress distribution system, composite system become one alternative that can be utilize, especially on beam structure. In this case, collaboration between lightweight concrete and ordinary concrete will be the deciding factor to achieve the objectives mentioned above. To construct lightweight concrete, timber particles obtained from sawmill industrial waste with density of $0,35 - 0,65 \text{ gr/cm}^3$ will be highly possibly to utilize. This research aims to obtain the composition of concrete and timber particles mix that its strength can be measured in order to get effective composite concrete beam. A number of tests to the mix of concrete and timber particles were conducted to find out its pressure strength, tensile strength and elasticity, in order to get the percentage of timber particles used in concrete that will be used to create composite concrete with ordinary concrete. Sawmill and furniture industrial waste in form of timber particles can be utilized as material to create lightweight concrete which was limited only to nonstructural element.

Keyword : Normal/Ordinary concrete, mortar concrete ,coconut timber particles

ABSTRAK

Keuntungan beton ringan adalah dapat meningkatkan workabilitas dan mengurangi beban struktur baik beban gravitasi maupun gempa, Untuk itu diperlukan sistim struktur yang ringan dan kekakuan yang memadai. Berdasarkan efisiensi penggunaan bahan dan optimalisasi adaptasi terhadap sistim distribusi tegangan, maka sistim komposit menjadi salah satu alternatif yang dapat dilakukan, khususnya pada struktur balok. Dalam hal ini kerjasama beton ringan dan beton normal akan menjadi faktor penentu tercapainya tujuan di atas. Untuk membentuk beton ringan, maka partikel kayu sebagai limbah industri penggergajian dengan kerapatan $0,35-0,65 \text{ gr/cm}^3$ akan sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan. Melalui penelitian ini akan diperoleh komposisi bahan campuran beton dan partikel kayu untuk diketahui kekuatannya sehingga dapat digunakan untuk balok beton komposit yang efektif. Sejumlah percobaan terhadap bahan campuran berton dan partikel kayu dilakukan untuk mengetahui kekuatan kuat tekan, kuat tarik dan elastisitas untuk mengetahui prosentasi pemakaian partikel terhadap beton yang selanjutnya dibuat beton komposit dengan campuran beton normal. Pemanfaatan limbah industri penggergajian dan meubel yang berupa partikel kayu dapat dimanfaatkan sebagai material pembuatan beton ringan yang selama ini terbatas pada elemen non-struktural.

Keyword : Beton Normal, Beton Mortar , Partikel kayu kelapa

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Penggunaan partikel kayu sebagai bahan pembuatan beton ringan sudah pasti akan

mengurangi kuat tekannya. Akan tetapi peningkatan daktilitas dan perilaku geser serta lenturnya perlu ditelaah lebih jauh. Dalam beberapa kasus kuat tekan beton tidak menjadi faktor penentu tetapi justru elastisitas, geser dan daktilitasnya yang

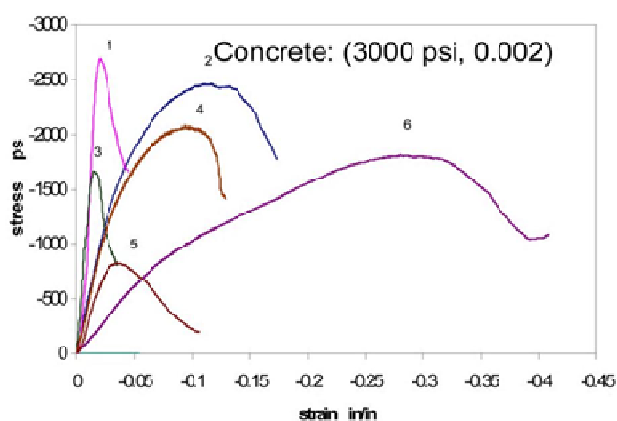
menentukan. Limbah partikel kayu dari penggergajian banyak yang tidak dimanfaatkan. Untuk itu pembuatan beton ringan berbasis partikel kayu menjadi salah satu alternatif, guna meningkatkan nilai penggunaan limbah ini. Nilai kerapatan partikel yang berkisar $0,35-0,65 \text{ gr/cm}^3$ sangat memungkinkan dilakukannya hal itu. Permasalahannya adalah daya dukung beton ringan relatif rendah jika dibandingkan dengan beton normal. Jika diaplikasikan dalam bentuk solid, maka akan diperoleh kekakuan yang kurang memadai.

b. Studi Pustaka

1. Komposit Semen dan Partikel Kayu

Komposit semen-partikel kayu memiliki kerapatan $300 - 1,300 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat lentur maximum 10 MPa. Komposisi yang umum digunakan adalah rasio kayu adalah 0,4 – 0,6 dari berat semen dan diperoleh kerapatan partikel kayu $300 - 500 \text{ kg/m}^3$.

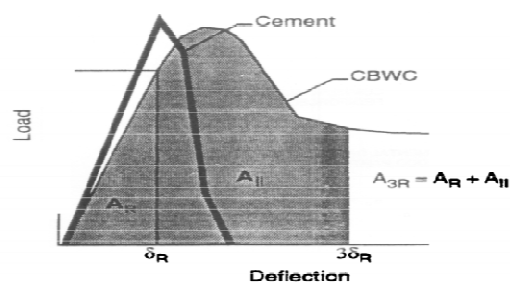
- **1: parallel**
– C/w: 1.5 and h/d: 2.0
- **2: perpendicular**
– C/w: 1.5 and h/d: 2.0
- **3: parallel**
– C/w: 1.5 and h/d: 3.0
- **4: perpendicular**
– C/w: 1.5 and h/d: 3.0
- **5: parallel**
– C/w: 1.0 and h/d: 2.0
- **6: perpendicular**
– C/w: 1.0 and h/d: 2.0



Gambar 2. Beban – Deformasi tekan berdasarkan perbandingan partikel dan semen

Beton ringan mempunyai modulus elastisitas tekan beton-partikel 0,5 – 0,75 kali modulus elastisitas tekan beton normal. Hubungan tegangan-

Fungsi utama partikel dalam bahan adalah meningkatkan workabilitas dan mengurangi beban struktur.



Gambar 1. Kurva beban-lendutan *cement-bonded wood composites* (CWBC).

(AR = batas daerah elastis dan beban maksimum pada 30 - 50 persen kuat partikel)

regangan beton ringan berbeda menurut kondisi pembebanan seperti disajikan dalam Gambar 3 (Salet, 1990).

Tabel 1 . Parameter beton partikel kayu

	Compression Strength, psi				Stiffness or MOE compression, 100 psi			
	1.5		1.0		1.5		1.0	
<i>Cement to wood ratio</i>								
<i>Direction</i>	//	⊥	//	⊥	//	⊥	//	⊥
<i>Average</i>	2600	2511	713	1808	1178	400	402	110
<i>Standard Deviation</i>	243	221	67	192	96	23	34	13

Sumber : (Salet, 1990).

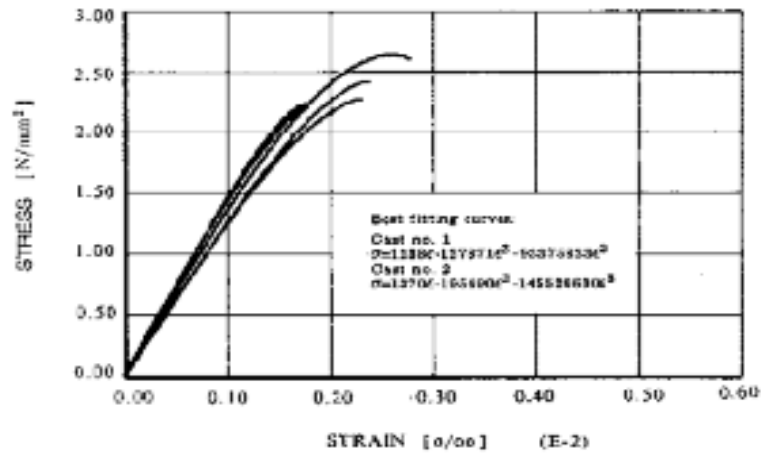


Fig. 6.6 Typical stress-strain relationships of foamed concrete from both casts under compression load and the best fitting equations.

a)

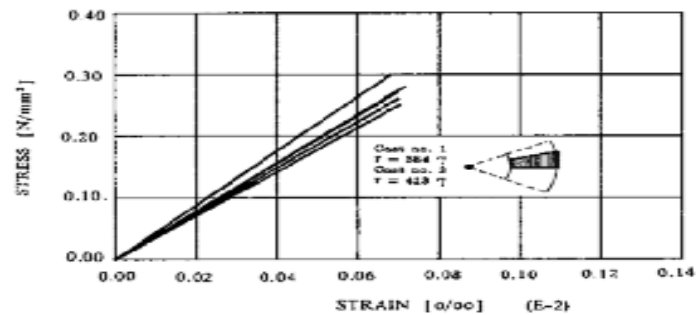


Fig. 6.7 Typical shear stress-strain relationships of foamed concrete from both casts loaded in shear and the best-fitted equations. The stresses at the outer radius are considered in this figure.

b)

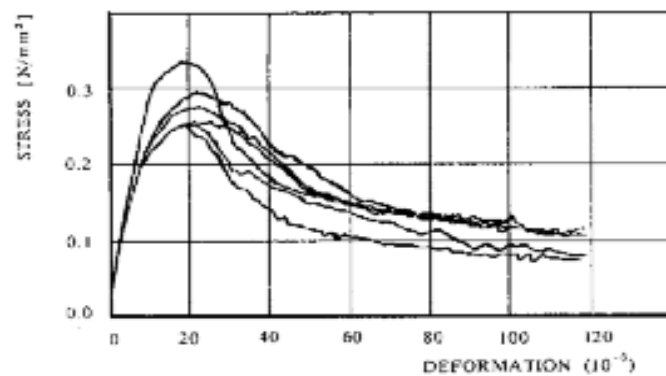


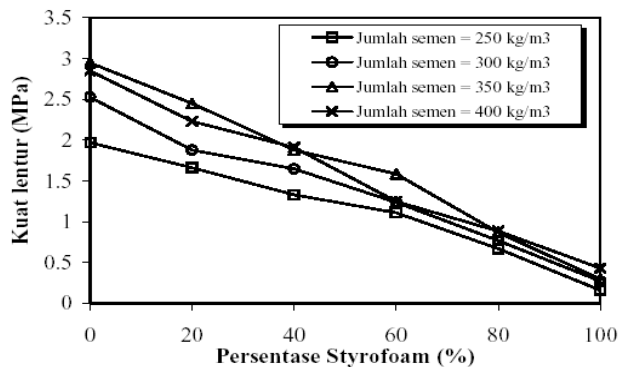
Fig. 6.8 Stress-deformation relation deformation controlled direct tensile tests.

c)

Gambar 3. Hubungan tegangan regangan beton ringan a) Tegangan vs regangan tekan, b) tegangan vs regangan geser, c) tegangan vs regangan tarik (Salet, 1990)

2. Pengaruh Kadar Partikel Ringan pada Kinerja Beton Ringan

Penggunaan partikel ringan dalam beton dapat dianggap sebagai udara yang terjebak dengan tambahan efek serat dalam beton sehingga beton menjadi daktil dan memiliki kekuatan tarik. Penggunaan partikel ringan memberikan dampak yang cukup signifikan pada kinerja beton seperti disajikan dalam Gambar 4 (Satyarno, 2004).



Gambar 4. Pengaruh Kadar Partikel Ringan Pada Karakteristik Beton Ringan

Partikel kayu merupakan bahan lignoselulosa dalam bentuk potongan-potongan kecil dengan kerapatan bervariasi antara 37- 50 kg/m³ (Maloney, 1977). Dalam hal ini bentuk partikel kayu menurut cara pembuatan dan geometrinya adalah pasahan (dimensi acak), serpih (dimensi tertentu), biskit (kepingan), tatal, serbuk, untaian (panjang dan pipih), kerat, dan wol kayu (Haygreen dan Bowyer, 1989).



Gambar 5. Komposit semen-partikel kayu

Beton ringan partikel terdiri dari pasir, semen dan partikel ringan dengan kadar tertentu. Komposisi beton ringan dengan partikel sangat ringan berupa *foamed* disajikan dalam Tabel 2 dengan kerapatan beton 600 kg/m³ (Salet, 1990). Untuk panel beton ringan dengan bahan partikel berupa *styrofoam* disajikan dalam Tabel 3 (Satyarno, 2004).

Tabel 2. Komposisi campuran beton *foamed*

KOMPOSISI	BERAT (kg/m³)				Volume (m³/ m³)			
	Semen	Air	Pasir	Foam	Semen	Air	Pasir	Foam
SB600	340	136	70	50	0,11	0,136	0,024	0,73

Tabel 3. Kadar *Styrofoam* dalam beton ringan menurut berbagai peruntukan

PERUNTUKAN	Berat Semen (kg/m³)	Volume Foam (%)
Non-Struktural	250	60-100
Struktur Ringan	250	0-60
	350	20-60
Struktural	350-400	0-20

3. Aksi komposit

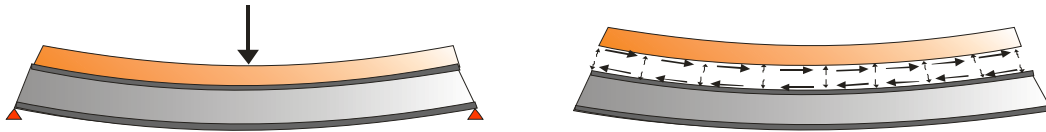
Aksi komposit terjadi bila gabungan elemen struktural mengalami defleksi secara monolit

(Gambar 6). Agar terjadi regangan linier tunggal, maka kapasitas dan kekakuan *shear connector*

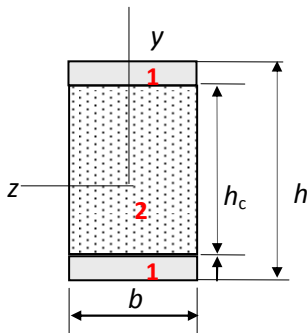
sangat menentukan. Kekuatan transfer geser maksimum *shear connector* adalah persamaan :

$$C_{maks} = 0,85f_c' b \cdot t \cdot \dots (1)$$

Salah satu bentuk aplikasi struktur komposit adalah balok *sandwich* (Gambar 7) dengan analisis lentur mengacu pada Persamaan (2), (3) dan (4).



Gambar 6. Aksi komposit



Gambar 7. Balok Sandwich

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{M}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \quad (2)$$

$$\sigma_{x1} = -\frac{M_y}{I_1} \text{ dan } I_1 = \frac{b}{12} (h^3 - h_c^3) \quad (3)$$

Karena ketebalan *cover* relatif kecil, maka tegangan geser akan dipikul oleh inti:

$$\tau_{rata-rata} = \frac{V}{b h_c} \text{ dan } \gamma = \frac{V}{b h_c G_c} \quad (4)$$

Keterangan:

κ = kelengkungan balok
 G_c = modulus geser bahan inti

EI = kekakuan bahan balok ($E_1 \gg E_2$)

M = momen lentur balok

V = gaya geser yang bekerja

Kuat lekat baja dengan beton tergantung pada adhesi, gripping, friksi, mutu beton dan kondisi penjangkaran ujung tulangan. Dalam hal ini panjang lekatan (l_d) yang dibutuhkan agar kuat lekat lebih besar dari tegangan leleh baja dinyatakan dengan Persamaan 5 (Park dan Paulay, 1975).

$$l_d > 0.019 \frac{A_s f_y}{\sqrt{f_c'}} \lambda_d \quad (5)$$

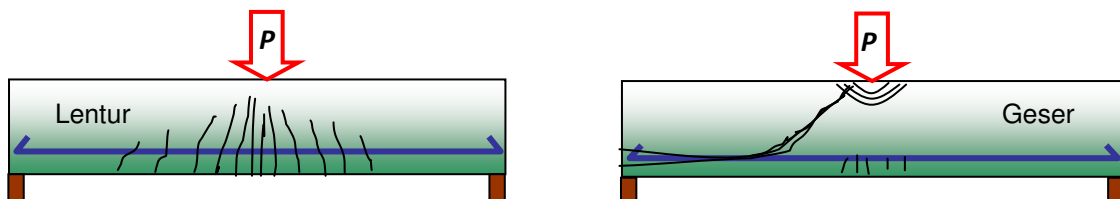
Keterangan:

A_s = luas tulangan, mm²

λ_d = faktor reduksi, untuk beton ringan = 1.33

4. Beton ringan dan pola keruntuhan balok

Kerapatan maksimal beton ringan adalah 800 kg/m³ dan pemanfaatannya terbatas pada elemen non-struktural. Modulus elastisitas beton ringan adalah 50–75% $E_{beton \text{ normal}}$, dengan pola tegangan - regangan bersifat nonlinier (Wang dan Salmon, 1985). Sebagai elemen balok maka kecenderungan keruntuhannya adalah lentur dan geser (Gambar 8).



Gambar 8. Keruntuhan lentur dan geser balok beton bertulang

Keruntuhan lentur ditandai dengan retak tegak lurus pada 1/3 tengah bentang balok Retak ini akan merambat menuju sumbu netral penampang, bersamaan dengan pertambahan lendutan di tengah bentang (Nawy, 1998). Selanjutnya keruntuhan geser ditandai dengan retak halus di tengah bentang karena tulangan *slip*. Setelah itu terjadi retak miring yang lebih curam dari retak diagonal tarik dan menjalar terus menuju sumbu netral. Saat retak miring dan tepi beton tertekan bertemu, terjadi keruntuhan tiba-tiba.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pemodelan struktur. Data uji diperoleh dari serangkaian pengukuran besaran dasar yang menginterpretasikan respon mekanik mortar+partikel kayu dan elemen balok komposit.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk beton normal dan mortar: pasir (dari Sungai Palu), semen portland type I (Tonasa), air, dan Baja tulangan polos (BJ.37).
2. Partikel kayu dari limbah pengolahan kayu kelapa di Wilayah Tavaeli dan Kabupaten Donggala.

Alat yang digunakan adalah:

1. Oven + Timbangan Digital (*ELE*), untuk uji kadar air partikel
2. *UTM 10T (ELE)*, untuk Uji Tarik Baja, Kuat Lekatan dan Kuat Tekan Beton
3. *Hydraulics Beam Test 10T (ELE)*, untuk uji lentur beton solid dan balok komposit
4. *Dial Gauge 0,001mm (PEACOK)*, untuk pembacaan defleksi aktual.



Gambar 9. Alat Utama Yang Digunakan Untuk Pengujian

Uji Karakteristik Beton Normal

Jumlah benda uji karakteristik beton normal adalah seperti disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Variasi dan jumlah benda uji karakteristik beton normal

NO.	KODE	Pengujian	Dimensi	Umur	Jumlah	Hasil Uji
1	TKN-7	Kuat tekan	Silinder 15/30	7 Hari	3	Kuat Tekan Karakteristik
	TKN-14			14 hari	3	
	TKN-28			28 hari	3	
2	TR-7	Tarik Belah	Silinder 15/30	7 Hari	3	Kuat Tarik
	TR-14			14 hari	3	
	TR-28			28 hari	3	
3	MOE-7	Elastisitas	Silinder 15/30	7 Hari	3	Modulus Elastisitas
	MOE-14			14 hari	3	
	MOE-28			28 hari	3	
4	LKT	Kuat Lekatan	Kubus 15 x 15	28 Hari	3	Kuat Lekat
5	GS-7	Uji Geser	H-10/10	7 Hari	3	Kuat Geser
	GS-14			14 hari	3	
	GS-28			28 hari	3	

Uji Karakteristik Mortar + Partikel

Jumlah dan bentuk benda uji untuk uji karakteristik mortar + partikel adalah seperti :

Tabel 5. Jumlah dan variasi benda uji karakteristik mortar + partikel kayu

KODE	Jenis Pengujian/ Prosedur	Bentuk Benda Uji	JUM LAH
TKN- x	Kuat tekan	Cetakan mortar	8 x 9
TRK - x	Tarik belah		8 x 9
ELS - x	Elastisitas		8 x 9
LKT- x	Kuat Lekat		8 x 9
GSR -x	Uji Geser	H 5/5	8 x 9

Jumlah Semen (gram)	Jumlah pasir (gran)	Kadar Partikel Kayu (%)
500	2000	0
500	1980	1
500	1960	2
500	1920	4
500	1880	6
500	1840	8
500	1800	10
500	1760	12

Keterangan:

Kode : x = 0, 1, 2, 12 (kandungan partikel kayu)

Variasi setiap jenis pengujian berdasarkan kadar partikel dalam adukan sebagai berikut 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% terhadap berat adukan (8 variasi).

Pelaksanaan Pengujian dan Pengumpulan Data

Prosedur uji karaktersitik bahan dilaksanakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia sebagai berikut:

1. Uji kuat tekan, tarik dan elastisitas dilakukan dengan alat pada. Pembebanan diaplikasikan secara perlahan 4 kg/cm² perdetik sampai benda uji hancur (SNI. 03–1974–1990). Dari pengujian ini diperoleh data deformasi benda uji dan beban hancur serta pola hubungan tegangan-regangan.
2. Uji kuat lekat antara baja tulangan dengan beton dilakukan pada umur 28 hari menggunakan *universal testing machine*. Kecepatan penambahan beban 22 kN/ menit, kemudian dihentikan bila dicapai titik leleh baja tulangan, beton penutup pecah atau tulangan telah bergeser minimum 2,5 mm (SNI:03–4809 – 1998). Dari pengujian ini diperoleh data tegangan lekat baja dan tulangan maksimum.

Analisis Data dan Kesimpulan

Pengolahan data dilaksanakan dengan metode statistik. Selanjutnya interpretasi dan analisis data dilakukan dengan mengacu pada persamaan-persamaan diatas dan hasil analisis dan interpretasi yang diperoleh:

- Besaran Kuat Tekan Karakteristik Beton Mortar+Partikel

- Besaran Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal
- Besaran Kuat Tarik Karakteristik Beton Mortar+Partikel
- Besaran Kuat Tarik Karakteristik Beton Normal
- Intensitas lekatan bahan dengan tulangan.

Kesimpulan akhir penelitian ini adalah kriteria desain balok balok beton komposit ringan partikel kayu dan hasil pertama adalah kekuatan dari beton normal dan beton mortar partikel.

Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengujian dan menganalisis beberapa hasil pengujian maka hasil yang dicapai dan telah dapat dikemukakan pada tulisan ini adalah :

Komposisi beton mortar dengan perbandingan 1 bagian semen dan 4 bagian pasir dengan penambahan air 500 ml kemudian di mixer dan dicetak dengan jumlah 32 tumbukan beberapa lapis sehingga beton mortar dapat dicetak kemudian selanjutnya dilakukan perendaman setelah beton mengeras selama sehari sehingga mencapai umur yang disyaratkan Selanjutnya dilakukan variasi dengan campuran partikel kayu kelapa dengan perbandingan mulai dari 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 % dan 12 dengan perbandingan beton mortar dengan pengganti sebagian pasir.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Normal dan Mortar Dengan Campuran Partikel Kayu

HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR

No. Benda Uji	Umur (hari)	Perbandingan Partikel	Luas Penampang (cm ²)	Berat (gram)	Berat isi (gram/cm ³)	Beban maksimum (kg)	Kuat tekan 14 hari (kg/cm ²)	Kuat tekan 14 hari (MPa)
1	14	12%	25	165,2	1,322	50,00	2,273	0,227
2			25	157,9	1,263	50,00	2,273	0,227
3			25	151,1	1,209	0,000	0,000	0,000
1	14	10%	25	191,1	1,529	50,00	2,273	0,227
2			25	198,9	1,591	0,00	0,000	0,000
3			25	191,9	1,535	50,00	2,273	0,227
1	14	8%	25	179,2	1,434	50,00	2,273	0,227
2			25	172,8	1,382	50,00	2,273	0,227
3			25	175,3	1,402	50,00	2,273	0,227
1	14	6%	25	202,4	1,619	50,00	2,273	0,227
2			25	198,1	1,585	50,00	2,273	0,227
3			25	196,6	1,573	50,00	2,273	0,227
1	14	4%	25	201,6	1,613	500	22,727	2,273
2			25	208,0	1,664	300	13,636	1,364
3			25	200,4	1,603	400	18,182	1,818
1	14	2%	25	240,1	1,921	1000	45,455	4,545
2			25	211,5	1,692	600	27,273	2,727
3			25	196,2	1,570	400	18,182	1,818
1	14	1%	25	246,7	1,974	1400	63,636	6,364
2			25	235,4	1,883	600	27,273	2,727
3			25	251,2	2,010	900	40,909	4,091
1	14	0%	25	251,9	2,015	1000	45,455	4,545
2			25	256,6	2,053	1100	50,000	5,000
3			25	263,9	2,111	1600	72,727	7,273

HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR

No. Benda Uji	Umur (hari)	Perbandingan Partikel	Luas Penampang (cm ²)	Berat (gram)	Berat isi (gram/cm ³)	Beban maksimum (kg)	Kuat tekan 28 hari (kg/cm ²)	Kuat tekan 28 hari (MPa)
1	28	12%	25	165.2	1.322	50.00	2.273	0.227
2			25	157.9	1.263	50.00	2.273	0.227
3			25	151.1	1.209	0.000	0.000	0.000
1	28	10%	25	191.1	1.529	50.00	2.273	0.227
2			25	198.9	1.591	0.00	0.000	0.000
3			25	191.9	1.535	50.00	2.273	0.227
1	28	8%	25	179.2	1.434	50.00	2.273	0.227
2			25	172.8	1.382	50.00	2.273	0.227
3			25	175.3	1.402	50.00	2.273	0.227
1	28	6%	25	202.4	1.619	50.00	2.273	0.227
2			25	198.1	1.585	50.00	2.273	0.227
3			25	196.6	1.573	50.00	2.273	0.227
1	28	4%	25	201.6	1.613	500	22.727	2.273
2			25	208.0	1.664	300	13.636	1.364
3			25	200.4	1.603	400	18.182	1.818
1	28	2%	25	259.9	2.079	1000	43.077	4.545
2			25	253.5	2.028	600	36.923	2.727
3			25	253.5	2.028	400	36.923	1.818
1	28	1%	25	263.1	2.105	2100.00	129.213	12.921
2			25	255.7	2.046	2400.00	147.692	14.769
3			25	255.7	2.046	2400.00	147.692	14.769
1	28	0%	25	251.9	2.015	700.00	45.455	4.545
2			25	256.6	2.053	600.00	50.000	5.000
3			25	263.9	2.111	600.00	72.727	7.273

Tabel 6. lanjutan

HASIL KUAT TARIK MORTAR

No.	Uraian	Umur (hari)	Berat (gram)	Lebar B. uji (mm)	Tebal B. uji (mm)	Luas Bid. Tarik (mm ²)	Beban maksimum (kN)	Kuat tarik (Mpa)	
								Tiap BU	Rata-rata
Partikel Normal									
1	Benda uji 1	28	119.7	26.0	25.0	650	1.30	2.000	2.084
2	Benda uji 2	28	122.6	30.0	25.0	750	1.46	1.947	
3	Benda uji 3	28	131.8	25.0	25.0	625	1.44	2.304	
Partikel 1 %									
1	Benda uji 1	28	114.7	30.0	25.0	750	0.9	1.200	1.404
2	Benda uji 2	28	110.7	25.0	25.0	625	0.96	1.536	
3	Benda uji 3	28	110.8	26.0	25.0	650	0.96	1.477	
Partikel 2 %									
1	Benda uji 1	28	116.1	27.0	25.0	675	0.64	0.948	0.867
2	Benda uji 2	28	112.1	30.0	25.0	750	0.70	0.933	
3	Benda uji 3	28	117.2	30.0	25.0	750	0.54	0.720	
Partikel 4 %									
1	Benda uji 1	28	95.6	31.0	25.0	775	0.62	0.800	0.765
2	Benda uji 2	28	99.8	31.0	25.0	775	0.6	0.774	
3	Benda uji 3	28	95.1	30.0	25.0	750	0.5	0.720	

Hasil pengujian dengan waktu 7, 14 dan 28 hari terhadap campuran partikel kayu kelapa menunjukkan bahwa terjadi penurunan kuat tekan terhadap partikel dengan proporsi yang lebih banyak sehingga terjadi penurunan kuat tekannya. Akan tetapi dengan campuran partikel dengan komposisi 1

% sampai 2 % masih menunjukkan kekuatan beton ringan dengan kekuatan kuat tekan 4 – 5 Mpa yang dapat digunakan pada struktur dengan bangunan sederhana dan kekuatan yang dapat dikategorikan dengan beton ringan.

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tarik Beton Normal

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON NORMAL

No	Uraian	Umur (hari)	Berat (gr)	Diameter B. Uji (mm)	Tinggi B. Uji (mm)	Luas penampakan (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	
								Tiap BU	Rata - rata
BETON NORMAL KUAT TEKAN 7 HARI									31.729
1	Silinder 1	7	12.700	150	300	141300	445	314.933	
2	Silinder 2	7	12.900	150	300	141300	450	318.471	
3	Silinder 3	7	12.600	150	300	141300	450	318.471	
BETON NORMAL KUAT TEKAN 14 HARI									36.801
1	Silinder 1	14	13.00	150	300	141300	520	368.011	
2	Silinder 2	14	12.50	150	300	141300	525	371.550	
3	Silinder 3	14	12.50	150	300	141300	515	364.473	
BETON NORMAL KUAT TEKAN 28 HARI									37.391
1	Silinder 1	28	12,500	150	300	141300	450	318.471	
2	Silinder 2	28	12,763	150	300	141300	560	396.320	
3	Silinder 3	28	12,776	150	300	141300	575	406.936	

Tabel 7. lanjutan**HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON NORMAL**

No	Uraian	Umur (hari)	Berat (gr)	Diameter B. Uji (mm)	Tinggi B. Uji (mm)	Luas Bid. Tarik (mm ²)	Beban Maksimu (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)					
								Tiap BU	Rata - rata				
BETON NORMAL KUAT TARIK 7 HARI				7.478									
1	Silinder 1	7	12,500						150	300	141300	450	6.369
2	Silinder 2	7	12,763						150	300	141300	560	7.926
3	Silinder 3	7	12,776						150	300	141300	575	8.139
BETON NORMAL KUAT TARIK 14 HARI				7.478									
1	Silinder 1	14	12,500						150	300	141300	450	6.369
2	Silinder 2	14	12,763						150	300	141300	560	7.926
3	Silinder 3	14	12,776						150	300	141300	575	8.139
BETON NORMAL KUAT TARIK 28 HARI				7.478									
1	Silinder 1	28	12,500						150	300	141300	450	6.369
2	Silinder 2	28	12,763						150	300	141300	560	7.926
3	Silinder 3	28	12,776						150	300	141300	575	8.139

Dari hasil pengujian beton normal didapat kuat tarik rata-rata untuk umur 7 , 14 dan 28 hari sesuai tabel diatas, dimana kekuatan tarik beton adalah

seperlima dari kuat tekannya maka sesuai dengan beton mutu sedang yang dapat memikul beban pada struktur bangunan.

Tabel 8. Hasil Uji Modulus Elastisitas beton Normal**Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal**

Luas penampang benda uji : 17671.459 mm²

Tinggi benda uji : 300.000 mm

No Urut	Pembacaan ΔL (mm)	E-0/1			E-0/2			E-0/3			Rata-rata	
		Beban kN	σ MPa	ε	Beban kN	σ MPa	ε	Beban kN	σ MPa	ε	σ MPa	ε
1	0.00	0	0.000	0.00000	0	0.000	0.00000	0	0.000	0.00000	0.000	0.00000
2	0.10	95	5.376	0.00033	80	4.527	0.00033	80	4.527	0.00033	4.810	0.00033
3	0.20	180	10.186	0.00067	140	7.922	0.00067	140	7.922	0.00067	8.677	0.00067
4	0.30	270	15.279	0.00100	230	13.015	0.00100	210	11.884	0.00100	13.393	0.00100
5	0.40	390	22.069	0.00133	300	16.977	0.00133	305	17.259	0.00133	18.768	0.00133
6	0.50	490	27.728	0.00167	390	22.069	0.00167	400	22.635	0.00167	24.144	0.00167
7	0.60	570	32.255	0.00200	480	27.162	0.00200	490	27.728	0.00200	29.049	0.00200
8	0.70	600	33.953	0.00233	540	30.558	0.00233	560	31.690	0.00233	32.067	0.00233
9	0.80	580	32.821	0.00267	575	32.538	0.00267	610	34.519	0.00267	33.293	0.00267
10	0.90	545	30.841	0.00300	550	31.124	0.00300	620	35.085	0.00300	32.350	0.00300
11	1.00	510	28.860	0.00333	520	29.426	0.00333	595	33.670	0.00333	30.652	0.00333

Dari tabel 8 di atas dapat dilihat bahwa tegangan maksimum rata-rata dari silinder beton dengan variasi 0% adalah sebesar 33,293 MPa dengan

besarnya regangan pada saat tegangan maksimum rata-rata (ϵ_c) adalah sebesar 0,00267.

Tabel 9. Pengujian Kuat Lekat Beton

PENGUJIAN KUAT LEKAT BETON

Kode/No	Variasi	Diameter Tulangan (mm)	Panjang Tertanam (mm)	Luas Tertanam (mm ²)	Beban Maks. (N)	Kuat Lekat (MPa)	Kuat Lekat Rata-rata (MPa)
D-0/1	0%	10	150	4710.000	34000	7.219	7.473
D-0/2	0%	10	150	4710.000	34000	7.219	
D-0/3	0%	10	150	4710.000	34000	7.643	
D-0/4	0%	10	150	4710.000	36000	7.643	
D-0/5	0%	10	150	4710.000	36000	7.643	
D-2/1	2.00%	10	150	4710.000	34000	7.219	7.389
D-2/2	2.00%	10	150	4710.000	34000	7.219	
D-2/3	2.00%	10	150	4710.000	36000	7.219	
D-2/4	2.00%	10	150	4710.000	36000	7.643	
D-2/5	2.00%	10	150	4710.000	36000	7.643	

Berdasarkan pada tabel 9 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai kuat lekat rata-rata beton dengan baja tulangan pada variasi 0% adalah sebesar 7,473 MPa, sedangkan pada variasi 2 % sebesar 7,389 MPa. Dari kedua hasil yang diperoleh nilai kuat lekat rata-rata beton dengan baja tulangan pada variasi 2 % lebih kecil dibandingkan pada variasi 0% (beton normal).

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :Untuk pengujian beton normal untuk umur 7 hari 14 hari dan 28 hari mempunyai kuat tekan yang setara dengan mutu beton sedang sesuai hasil pada tabel –tabel di atas.

1. Untuk Beton dengan campuran mortar maka jelas terlihat kekuatan yang didapat masuk dalam kategori beton ringan.
2. Beton mortar dengan campuran partikel dapat dilihat bahwa semakin sedikit pemakaian partikel maka kekuatannya semakin tinggi dan kebalikannya bila partikel bertambah maka kekuatannya semakin menurun tetapi untuk komposisi partikel kecil dengan kekuatan beton mortar dengan kekuatan 4 – 5 MPa maka dapat dipakai dalam kategori beton ringan.
3. Disarankan untuk dapat diteliti lebih lanjut tentang pemakaian bahan limbah yang dapat digunakan untuk pemakaian bangunan-bangunan yang mempunyai beban kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah., (2000), *Ferosemen Sebagai Alternatif Material untuk Memperkuat Kolom Beton Bertulang*, Prosiding Seminar on Air-PPI Tokyo of Technology 1999-2000, No.1. p: 143-147.
- Barrett, J., F.Lam., dan W.Lau., (1995), *Size effect in Visually Graded Softwood Structural Lumber*, Journal of Materials in Civil Engineering, 7(1): 19-30.
- Chang, C. T., P. Monteiro, dan K. Shyu., (1996), *Behaviour of Marble Under Compression*, Journal of Materials in Civil Engineering, 8 (3) : 157-170.
- Gong A, R. Hachandran and P. Kamdem., (2004), *Compression Tests on Wood-Cement Particle Composites Made of CCA-Treated Wood Removed From Service*, Environmental Impacts of Preservative-Treated Wood Conference to be held in Orlando, Florida, February 8-10.
- Herbudiman, B dan Andreas, (2003), *Peningkatan Workabilitas Beton Ringan Struktural dengan Pemberian Aditif Superplasticizer*, Prosiding Seminar Tjipto Utomo, Vol. 2, Bandung, 21 Agustus, p: E.2-1- E. 2-6.
- Herbudiman, B dan Andreas, (2004), *Penggunaan Lightweight Concrete dengan Artificial Lightweight Aggregates: Uji Kualitas*

Eksperimental dan Studi Analisis Struktur Bangunan Ruk,. Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan, Yogyakarta 20 Januari. No. 2. p:160-170.

Murdock L, J., K. M. Brook., dan S. Hindarko., (1999), *Bahan dan Praktek Beton*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Nawy E.G., (1998), *Reinforced Concrete Fundamental Approach*, McGraw-Hill, New York.

Salet. T.A. M., (1990), *Structural Analysis og Sandwich Beams Composed of Reiforced Concrete Faces and A Foamed Concrete Core*. Disertasi Doktoral, Technische Universiteit Eindhoven.

Satyarno, I., (2004), *Panel Beton Styrofoam Ringan Untuk Dinding*, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

(SNI:03-4809 – 1998), Peraturan Beton Indonesia Pengujian Kuat Lekat Baja.

(SNI. 03-1974-1990), Peraturan Beton Indonesia Metode Pengujian Kuat Tekan Beton

Soltis, L.A., and D.R. Rammer., (1997), *Bending to Shear Ratio Approach for Beam Design*, Forest Products Journal, 47 (1) : 104-108.

Somayaji, S., (1995), *Civil Engineering Materials*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Triwiyono A., (2000), *Kerusakan Gedung Pasca Kebakaran*, Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton yang rusak akibat Kebakaran dan Gempa, Pusat antar Universitas-Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wolfe, R.W. and Gjinolli ,A., (1997), *Cement-Bonded Wood Composites as an Engineering Material The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, Proceedings No. 7286 Forest Products Society, ISBN 0-935018-88-3 Printed in the United States of America.

Wolfe, R.W. And Gjinolli ,A., (1999), *Durability And Strength Of Cement-Bonded Wood Particle Composites Made From Construction Waste*, Forest Products Journal V Ol . 49, N O . 2, 1999